

# Plasma assisted combustion device



Publication number: FR2635850

Publication date: 1990-03-02

Inventor: NANDJEE FERID; JACOB THIERRY; PASQUINI PIERRE

Applicant: ELECTRICITE DE FRANCE (FR)

Classification:

- international: F23C99/00; F23D1/00; F23C99/00; F23D1/00; (IPC1-7): F23D1/00

- European: F23C11/00; F23D1/00

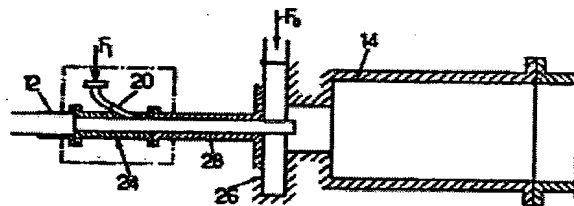
Application number: FR19880011456 19880901

Priority number(s): FR19880011456 19880901

Report a data error here

## Abstract of FR2635850

The combustion device, useable in particular for burning crushed oil coke, comprises a combustion chamber 14 with a refractory wall and means of bringing fuel and air to the chamber. The solid fuel and the air are injected at the same time or separately into the high temperature plasma provided by a plasma torch 12 consuming a power less than 10% of the total thermal power provided by the combustion device.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : 2 635 850  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : 88 11456

⑤1 Int Cl<sup>B</sup> : F 23 D 1/00.

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 1<sup>er</sup> septembre 1988.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 9 du 2 mars 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *ELECTRICITE DE FRANCE, Service Na-  
tional. — FR.*

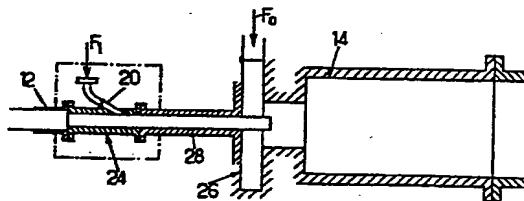
⑦2 Inventeur(s) : Ferid Nandjee ; Thierry Jacob ; Pierre Pas-  
quini.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

⑤4 Dispositif de combustion assistée par plasma.

⑤7 Le dispositif de combustion, utilisable notamment pour brûler du coke de pétrole broyé, comprend une chambre de combustion 14 à paroi réfractaire et des moyens d'amenée de combustible et d'air à la chambre. Le combustible solide et l'air sont injectés en même temps ou séparément dans le plasma à haute température fourni par une torche à plasma 12 consommant une puissance inférieure à 10 % de la puissance thermique totale fournie par le dispositif de combustion.



FR 2 635 850 - A1

Dispositif de combustion assistée par plasma.

La présente invention a pour objet un dispositif de combustion destiné à être alimenté en combustible  
5 solide broyé, comprenant une chambre de combustion à paroi réfractaire et des moyens d'amenée de combustible et d'air à la chambre.

On utilise très largement dans l'industrie des dispositifs de combustion du type ci-dessus défini. On  
10 utilise par exemple des brûleurs à charbon en poudre fine dans les chaudières des centrales thermiques. On en utilise également dans l'industrie cimentière pour chauffer les fours rotatifs de cuisson. Les brûleurs utilisés à l'heure actuelle pour cette dernière appli-  
15 cation ainsi que pour celles qui exigent des hautes températures (traitement thermique, réchauffage avant transformation, cuisson de produits réfractaires, fabrication ou trempe du verre, etc ...) nécessitent des charbons de bonne qualité broyés en poudre fine.

20 La présente invention vise à fournir un dispositif de combustion à température élevée, pouvant dépasser 1200°C, répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'il permet d'utiliser des combustibles pauvres ou de  
25 produits dont la combustion complète est difficile (coke de pétrole par exemple) et/ou simplement concassés plutôt que broyés finement.

Dans ce but l'invention propose un dispositif de combustion dans lequel le combustible solide et l'air  
30 sont injectés en même temps ou séparément dans le plasma à haute température fourni par une torche à plasma consommant une puissance inférieure à environ 10 % de la puissance thermique totale fournie par le générateur.

La torche à plasma ainsi utilisée a pour fonction d'assister la combustion en provoquant l'ignition,  
35 un craquage et une dévolatilisation du combustible et de

garantir la combustion des produits volatils et des résidus carbonés. La combustion totale du combustible sur une distance raisonnable à partir de l'origine du dard de plasma peut être obtenue avec une puissance de  
5 torche relativement faible, par exemple proche de 10 % de la puissance calorifique totale du générateur, de sorte que le coût élevé de la puissance consommée par la torche est plus que contrebalancé par l'amélioration des conditions de combustion.

10 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation, donnés à titres d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

15 - la figure 1 est un schéma de principe en coupe suivant un plan axial, d'un dispositif à brûleur intégré ;

- la figure 2, similaire à la figure 1, montre un dispositif dont le brûleur est à injection séparée du  
20 combustible et de l'air comburant ;

- la figure 3 est une représentation à grande échelle de la fraction du dispositif de la figure 2 contenue dans un cadre en traits mixtes ;

25 - la figure 4 est une représentation à grande échelle d'une boîte à air et d'une interface utilisables dans le dispositif de la figure 2, en coupe suivant un plan vertical passant par l'axe ;

30 - la figure 5 est une vue schématique, en coupe suivant un plan perpendiculaire à l'axe, d'une fraction d'une boîte à air constituant une variante de celle de la figure 4 ;

- la figure 6 est une représentation à grande échelle d'un injecteur de combustible et d'air comburant utilisable dans le dispositif de la figure 1 ;

35 - la figure 7, similaire à la figure 6, montre des moyens d'introduction de combustible et d'air com-

burant utilisables dans le dispositif de la figure 1, ayant une torche d'axe oblique par rapport à l'axe du brûleur ;

5 - la figure 8, similaire à la figure 3, montre une variante de réalisation utilisable dans le dispositif de la figure 2 ;

- la figure 9, similaire à la figure 8, montre une autre variante encore de réalisation ;

10 - la figure 10 montre, à grande échelle, des moyens d'injection d'air comburant utilisables dans le dispositif de la figure 2.

Avant de décrire des moyens spécifiques permettant de mettre en oeuvre l'invention, on présentera, en faisant référence aux figures 1 et 2, deux configurations 15 générales différentes utilisables l'une et l'autre, la première (figure 1) comportant un brûleur intégré, en une seule partie et la seconde (figure 2) comportant un brûleur en deux parties.

Dans les deux cas, le dispositif de combustion 20 comporte une torche à plasma 12 fournissant un dard de plasma à très haute température, typiquement d'environ 4000 K au point le plus chaud. Cette torche peut être d'un type classique utilisant de l'air comprimé comme gaz plasmagène. En aval de la torche 12 sur le trajet 25 des gaz, le dispositif comprend une chambre 14 de combustion du combustible et d'écoulement des gaz, délimitée par une paroi en matériau réfractaire ou revêtue intérieurement d'un tel matériau. Cette chambre comporte une partie amont où s'effectue l'essentiel de 30 la combustion et une partie aval de plus grand diamètre que la partie amont.

Dans le mode de réalisation montré en figure 1, la partie amont se raccorde directement à un brûleur intégré. Ce brûleur comprend un tronçon tubulaire 16 35 portant la torche 12 et raccordé à la chambre de combustion, muni d'une branche latérale 18 de raccordement

d'une conduite 20 d'amenée de mélange d'air fourni par un ventilateur (flèche Fo) et de combustible introduit par un injecteur 22 traversant la paroi de la conduite (flèche Fl). Cette disposition met l'injecteur 22 à l'abri de l'échauffement provoqué par le dard de plasma et par la combustion et permet d'admettre des sections de passage de combustible, et donc des débits de combustible, élevés.

Le tronçon tubulaire 16, dans lequel se développe la flamme, est soumis à l'action directe de gaz très chauds. Pour cette raison il sera généralement constitué par une pièce à double enveloppe garnie intérieurement de béton réfractaire résistant à haute température et à circulation d'eau de refroidissement entre les deux enveloppes : des modes de réalisation de ce tronçon seront décrits plus loin.

Dans le mode de réalisation montré en figures 2 et 3, le brûleur comporte deux parties qu'on peut considérer respectivement comme un injecteur de combustible 24 et une boîte à air 26 d'amenée d'air comburant, reliés par un tube entretoise 28 destiné à allonger la zone de contact entre particules de combustible et plasma et à provoquer la dévolatilisation complète du combustible avant l'amenée d'air provoquant la combustion. Cette solution permet d'utiliser au mieux l'énergie haute température fournie par le dard de plasma.

L'injecteur de combustible 24 comprend un élément tubulaire ayant une enveloppe interne 30 en matériau bon conducteur de la chaleur, par exemple en cuivre, et une enveloppe externe 31, par exemple en acier, délimitant un espace annulaire de circulation d'eau de refroidissement d'une tubulure d'entrée 32 à une tubulure de sortie 34. Le trajet de circulation est guidé par une hélice 36 intercalée entre les deux enveloppes et brasée par point sur l'enveloppe intérieure. Un soufflet de dilatation (non représenté) peut être

placé sur l'enveloppe externe pour compenser les différences de coefficient de dilatation thermique. L'injecteur de combustible 24 montré en figure 3 comporte un tronçon d'entrée d'environ 15 cm pour éviter l'abrasion du nez de la torche par les particules de combustible.

Le combustible solide broyé est amené dans l'injecteur montré en figures 2 et 3 par une buse d'injection 37 projetant un jet de combustible, seul ou plus généralement dans un courant d'air ne représentant qu'une très faible fraction du débit total nécessaire à la combustion, à un angle de  $30^\circ$  avec l'axe de l'injecteur. L'injection se fait en phase dense, par exemple à raison de 15 kg environ de coke par kilogramme d'air, dans le cas d'utilisation de coke de pétrole comme combustible.

Il n'est pas indispensable d'injecter le combustible obliquement par rapport au dard. La direction d'injection F1 peut notamment être perpendiculaire à l'axe du brûleur.

L'entretoise 28 peut avoir une paroi de même constitution que celle de l'élément tubulaire de l'injecteur 24 et être elle aussi refroidie par circulation d'eau.

La boîte à air 26 peut avoir diverses constitutions. Dans la boîte illustrée en figure 4, l'air est injecté perpendiculairement au sens d'écoulement du combustible et du plasma dans la chambre de combustion alignée avec l'entretoise 28. La boîte à air est fractionnée par une cloison annulaire 38 de distribution en une chambre interne 40 et une chambre externe distributrice 42. La chambre externe 42 alimente la chambre interne par des tubes (huit par exemple) répartis sur une rangée perpendiculaire à la cloison et reçoit l'air d'un ventilateur non représenté (flèche Fo). Pour assurer la meilleure répartition possible de l'air entre les tubes, la vitesse circonférentielle doit être faible.

Par contre l'air doit être injecté dans la chambre interne 40 à vitesse élevée, de plusieurs dizaines de mètres par seconde, afin qu'il atteigne le centre du mélange de combustible et de plasma. Le nombre de huit  
5 tubes d'admission constituera souvent un bon compromis entre la recherche d'un mélange complet des fluides et une perte de charge aussi réduite que possible.

La face de la boîte à air soumise au rayonnement des gaz à haute température doit être refroidie : dans  
10 le cas illustré en figure 4, ce résultat est atteint en fixant, sur cette face, un serpentin métallique 44 parcouru par de l'eau.

Dans le cas illustré en figure 5 au contraire, l'air est injecté de façon à créer un vortex dans le  
15 prémélange de combustible et de plasma. Pour cela, l'enveloppe 38 est traversée de tubes 46 d'injection tangentielle, répartis sur plusieurs rangées et dont un seul a été montré sur la figure 5.

La figure 6 montre un brûleur destiné à un dispositif du genre montré en figure 1 mais pouvant, moyennant des modifications très réduites, être également  
20 utilisé dans le dispositif de la figure 2. Il comporte encore un tronçon tubulaire 16 muni d'une branche latérale 18 de raccordement. L'élément tubulaire 16 a  
25 une paroi externe 48, par exemple en acier, une paroi interne 50 en métal bon conducteur revêtue intérieurement de ciment réfractaire 52 et un guide 54, constitué par une bande métallique plate soudée à la paroi 50 et  
organisant un trajet de circulation en chicane ou en  
30 hélice d'eau de refroidissement dans l'espace annulaire compris entre les enveloppes 48 et 50.

L'injecteur est cette fois constitué par une canne 56, avantageusement à double paroi refroidie par  
circulation annulaire d'air autour d'elle. Cette canne  
35 peut être montée de façon à permettre d'ajuster sa position et peut avoir une partie terminale courbe pour



orienter le jeu de combustible à co-courant ou à contre-courant du jet de plasma.

Le brûleur montré en figure 6 peut également être utilisé comme injecteur de combustible dans un dispositif du genre montré en figure 2, en obturant l'espace annulaire d'amenée d'air par la branche 18 à l'aide d'un tampon disposé autour de la canne 56.

La variante de réalisation du brûleur montrée en figure 7 se différencie de celle de la figure 6 essentiellement en ce que la canne d'injection de combustible 56, encore à double paroi, est placée dans l'axe de la chambre de combustion tandis que la torche à plasma est fixée sur un piquage de façon à faire un angle  $\alpha$ , par exemple de  $45^\circ$ , avec l'axe de la chambre de combustion. On peut encore utiliser le brûleur de la figure 7 dans un montage à boîte à air en obturant l'espace annulaire autour de la canne 56.

L'injecteur de combustible du dispositif de la figure 2 peut encore d'autres constitutions. Dans le mode de réalisation montré en figure 8, deux cannes d'injection de combustible sont placées successivement sur le trajet du plasma. Elles traversent le tronçon tubulaire 16, dont la constitution peut être la même que celle déjà montrée en figure 6. La première canne comporte un tube 60 d'amenée de combustible, refroidi par circulation d'eau dans une gaine 62 qui l'entoure, traversant diamétralement le tronçon 16 et présentant une lumière centrale d'injection de combustible vers l'amont et vers l'aval. La seconde canne est en forme de Y. Elle comporte un tube central 64 à deux branches terminales, refroidi par une gaine d'eau 66. Pour éviter les vibrations, le tube 64 peut reposer sur un support 68 également refroidi par circulation d'eau. La disposition montrée en figure 8 permet de diviser le jet de plasma afin de faire pénétrer le combustible dans une zone à haute température.

Il peut dans certains cas être nécessaire, pour des raisons de débit de combustible, de ne pas injecter ce dernier sous forme d'un jet plein et de lui donner un mouvement tourbillonnaire. On peut alors adopter la  
5 disposition montrée en figure 9. Le charbon introduit par une tubulure 74 est mis en rotation par des ailettes 76 refroidies par eau avant d'être admis dans le flux de plasma par un élément tubulaire 78 comportant encore deux enveloppes délimitant un trajet de circulation  
10 d'eau de refroidissement et un revêtement interne en béton réfractaire de protection.

La boîte à air du dispositif de la figure 2 peut elle aussi avoir une constitution différente de celles déjà décrites. Par exemple la boîte à air montrée en  
15 figure 10 se présente sous forme d'un élément tronconique dont la paroi a une constitution similaire à celle déjà montrée en figure 6 par exemple. Les enveloppes métalliques et le revêtement de béton isolant sont traversés par des tubes d'amenée d'air dirigés à peu près  
20 radialement et refroidis par circulation d'eau dans une double gaine tubulaire 70. La profondeur d'enfoncement des tubes d'injection dans des cheminées 72 de traversée est avantageusement réglable afin de permettre de placer les tubes dans une position optimale. pour laquelle le  
25 jet d'air rencontre du combustible dévolatilisé.

30

35

REVENDICATIONS

1. Dispositif de combustion destiné à être alimenté en combustible solide broyé, comprenant une chambre de combustion (14) à paroi réfractaire et des  
5 moyens d'amenée de combustible et d'air à la chambre, caractérisé en ce que le combustible solide et l'air sont injectés dans le plasma à haute température fourni par une torche à plasma (12) consommant une puissance inférieure à environ 10 % de la puissance thermique  
10 totale fournie par le générateur.
2. Dispositif de combustion selon la revendication 1, caractérisé en ce que la puissance de la torche est proche de 10 % de la puissance thermique totale.
3. Dispositif de combustion selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le combustible solide et l'air sont injectés dans un brûleur intégré comportant un élément tubulaire (16) à double paroi, revêtu  
15 intérieurement de réfractaire, par une branche latérale (18) d'amenée de combustible et d'air vers l'axe de  
20 l'élément.
4. Dispositif de combustion selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite branche latérale (18) est raccordée à une conduite (20) d'amenée d'air traversée par un injecteur (22) de combustible.
- 25 5. Dispositif de combustion selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'une canne d'injection de combustible (56) est disposée coaxialement dans la branche latérale (18) et fait saillie à l'intérieur dudit élément tubulaire (16).
- 30 6. Dispositif de combustion selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que le combustible au moins est injecté le long de l'axe de la chambre de combustion alors que la torche à plasma est orientée obliquement par rapport à cet axe.
- 35 7. Dispositif de combustion selon la revendication 1, 2 ou 6, caractérisé en ce que le combustible

10

solide est injecté, seul ou avec une faible fraction de l'air de combustion, dans le plasma en amont d'une boîte à air (26) d'introduction d'air de combustion.

5 8. Dispositif de combustion selon la revendication 7, caractérisé en ce que la boîte à air comporte une cloison annulaire (38) entourée par une chambre distributrice et percé de passages radiaux d'amenée d'air ou de passages tangentiels (46) de formation de Vortex.

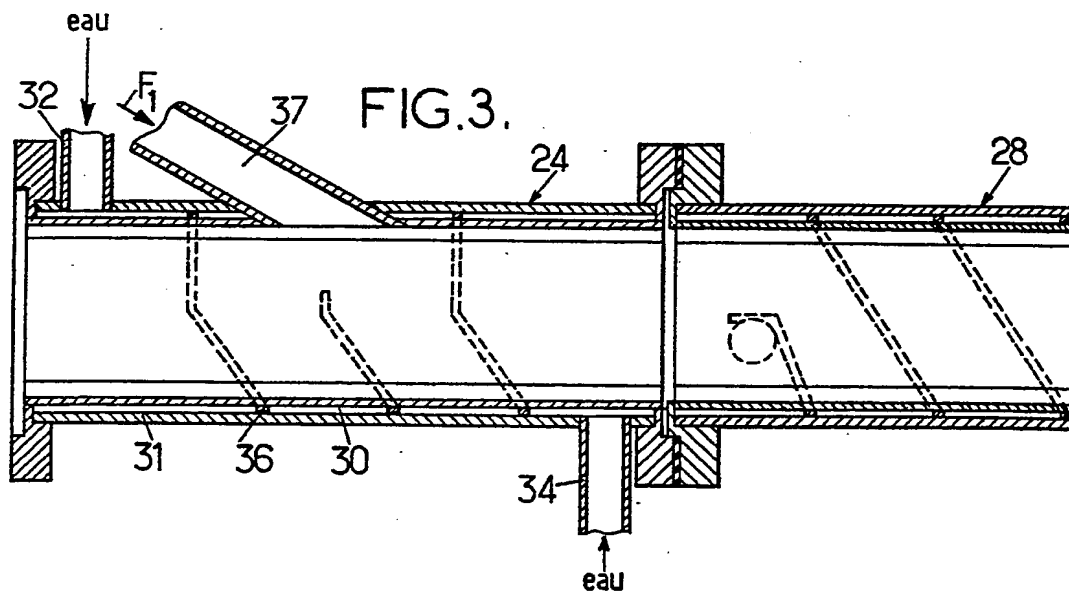
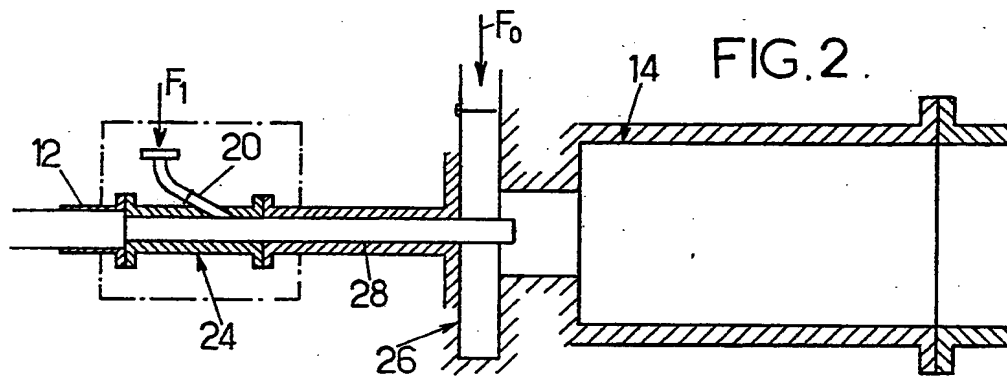
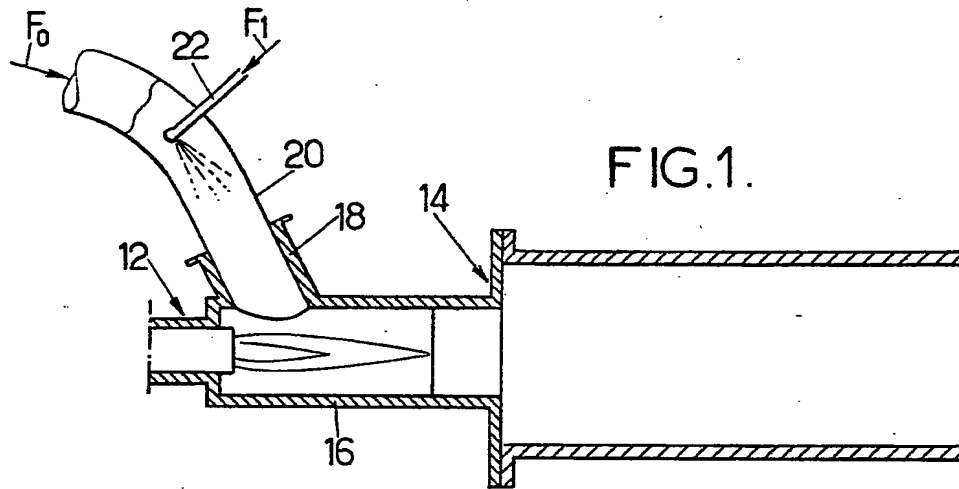
10 9. Dispositif de combustion selon l'une quelconque des revendications 1, 2, 6 et 7, caractérisé en ce que le combustible est amené à la chambre de combustion par au moins un tube d'injection (60,64) refroidi par circulation d'eau et débouchant approximativement  
15 suivant l'axe de la chambre de combustion, à co-courant ou à contre-courant du jet de plasma.

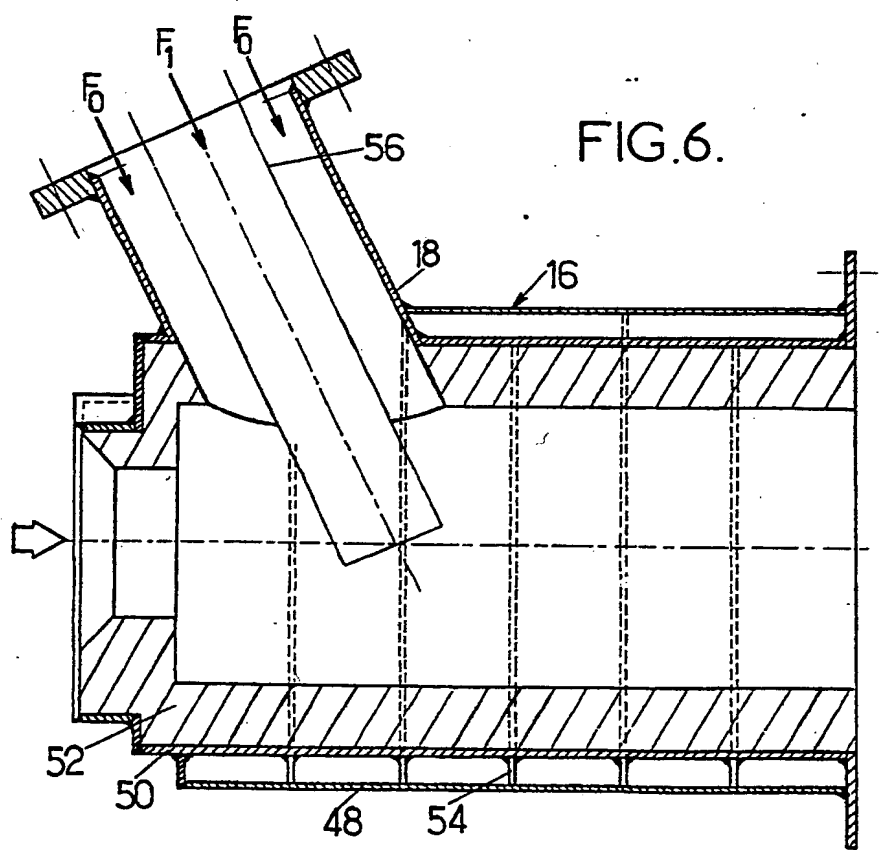
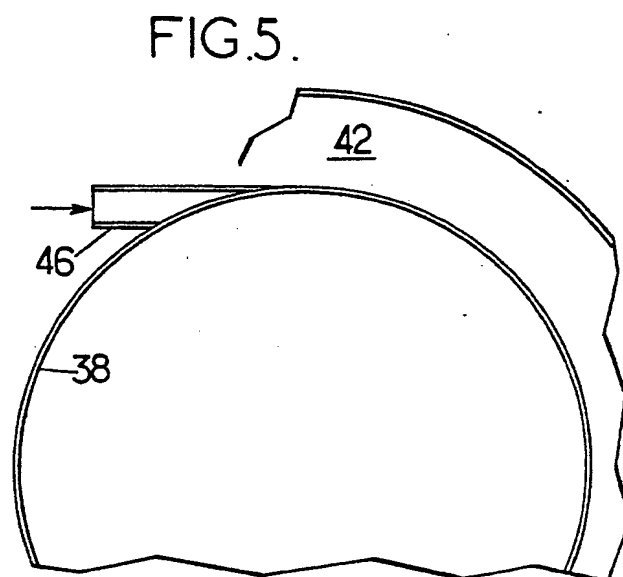
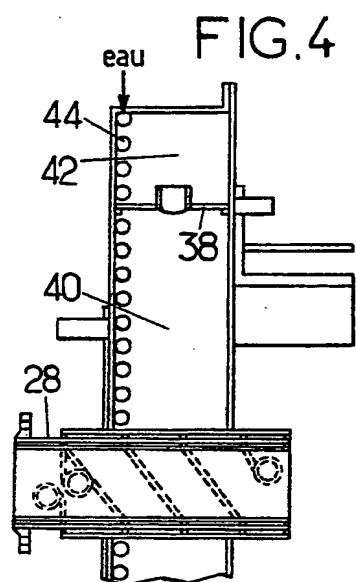
10. Dispositif de combustion selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le combustible est constitué par du coke de pétrole  
20 broyé.

25

30

35





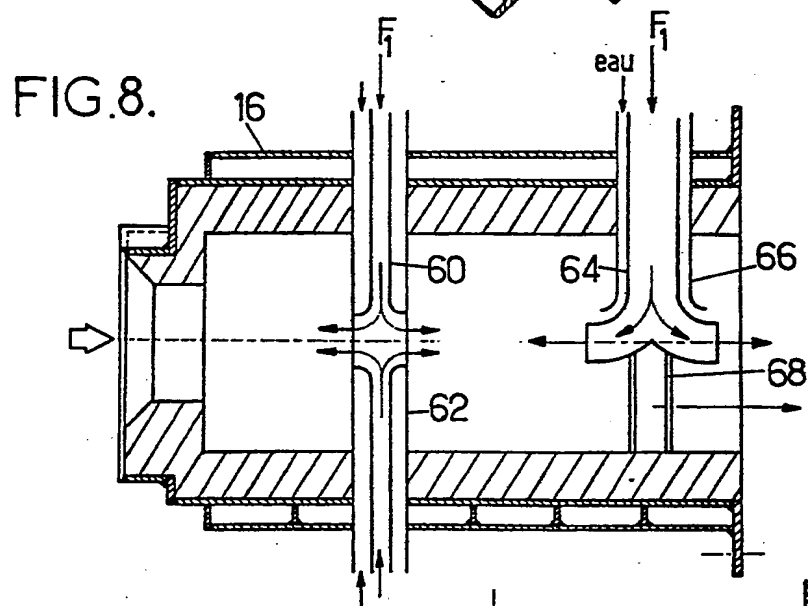
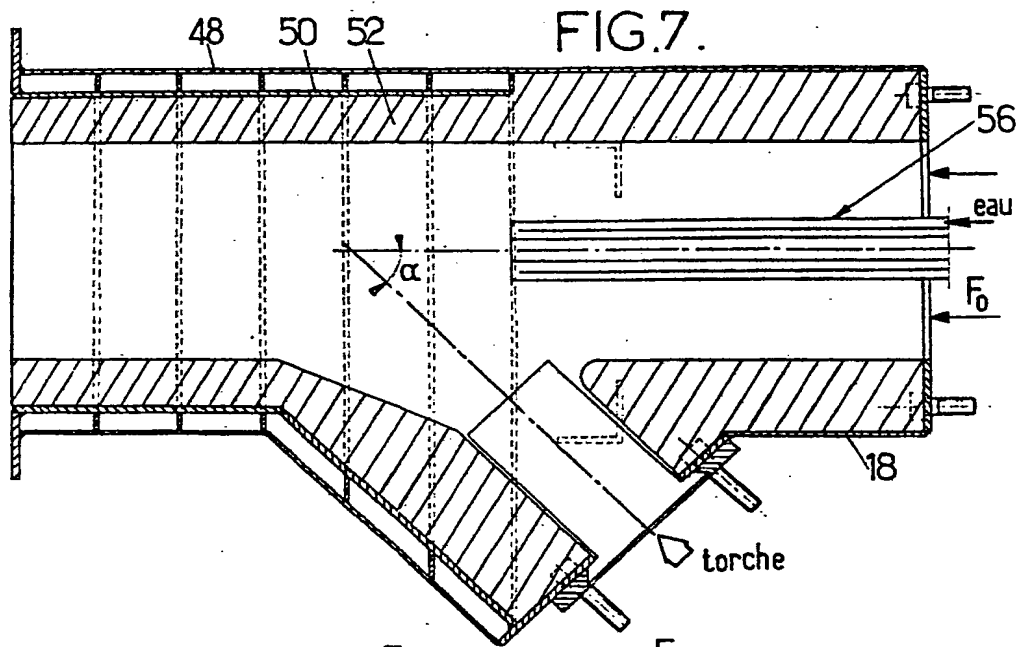


FIG.9.

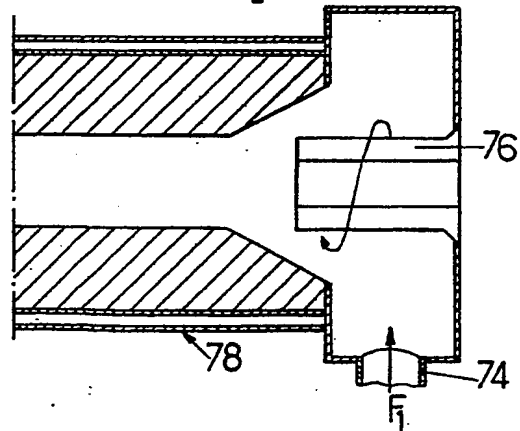


FIG.10.

